

## 明 細 書

### 半導体素子

### 技術分野

[0001] 本発明は、絶縁ゲート構造を有する絶縁ゲート型半導体素子に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ (Insulated Gate Bipolar Transistor; 以下、IGBT) は、電界効果トランジスタの高い入力インピーダンスと、バイポーラトランジスタの高い電流ドライブ能力とを備え、特に、電力用スイッチング素子として好適に用いられる。

[0003] この種の半導体素子においては、熱暴走による半導体素子の破壊等を防止するため放熱性を向上させる必要がある。そこで、半導体素子は放熱板を兼ねる支持板(ヒートシンク)に半田等を介して固着されている。半導体素子から発生する熱は、半導体素子表面及び半田等を介して放熱板から外部に放出される。

[0004] しかし、特に電力用半導体素子は、電流容量の増大を図るため、単一の半導体基板上に帯状又は島状に多数の半導体動作領域が形成されている。結果として、半導体素子の中心部は、半導体素子周辺部から発せられる熱が加わり、放熱性を良好に得ることができない。

[0005] そこで、日本国特許公開公報2004-228553号に開示されているように、半導体素子の中心部分に設けられたゲートバスライン付近のエミッタ領域を間欠的に形成した半導体素子が開発されている。

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 上記日本国特許公開公報2004-228553号に開示された半導体素子のゲートバスライン付近のエミッタ領域は間欠的に設けられているため、半導体素子中心部分に大電流が流れることは防止される。しかし、半導体素子中心部に周辺部で生じた熱が伝わることは改善されないため、動作環境によって熱暴走を起こす可能性がある。

[0007] 本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、発熱による熱暴走を起こし難い半

導体素子を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

- [0008] 上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る半導体素子は、  
第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
前記半導体基体の中心側に、前記第3半導体領域が前記第2半導体領域に対して第1の割合で占める第1の領域が形成されており、  
前記半導体基体の外周側には、前記第3半導体領域が前記第2半導体領域に対して前記第1の割合よりも大きい第2の割合で占める第2の領域が、前記第1の領域を包囲するように形成されていることを特徴とする。
- [0009] 前記第3半導体領域は複数であり、相互に離間して形成されてもよい。
- [0010] 前記第2半導体領域は帯状に形成されてもよい。
- [0011] 前記第2半導体領域は複数であり、互いに離間し且つ並んで形成されてもよい。
- [0012] 前記第2半導体領域の不純物濃度は、前記半導体基体の中心部で相対的に高く、周辺部で相対的に低くてもよい。
- [0013] 前記第1の電極は、絶縁膜を介して前記第2半導体領域上に形成されており、該絶縁膜の膜厚は、前記半導体基体の中心部で相対的に厚く、周辺部で相対的に薄くてもよい。
- [0014] 上記目的を達成するため、本発明の第2の観点に係る半導体素子は、  
第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域とを有する半導体基体を備える半導体素子であって、  
前記第3半導体領域は、第1の方向に沿って、その前記第2半導体領域に占める割合が前記半導体基体の中心部より周辺部が大きくなるように形成されるとともに、前記第1の方向と直交する第2の方向に沿って、前記第3半導体領域の前記第2半

導体領域に占める割合が前記半導体基体の中心部より周辺部が大きくなるように形成されていることを特徴とする。

[0015] 前記第2半導体領域は帯状に形成されており、前記第1の方向は、前記第2半導体領域の延伸方向と平行に規定されてもよい。

[0016] 前記第2半導体領域は島状に形成されており、前記第1の方向は、該半導体素子の周縁の一部に平行または垂直に規定されてもよい。

[0017] 上記目的を達成するため、本発明の第3の観点に係る半導体素子は、  
 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
 前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される絶縁膜と、  
 前記絶縁膜上に形成される第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
 前記絶縁膜は、前記半導体基体の中心領域に、第1の厚さで形成された第1の領域と、前記第1の領域よりも薄い第2の厚さで形成され、前記半導体基体の外周側に前記第1の領域を包囲するように形成された第2の領域と、を備えることを特徴とする。

[0018] 上記目的を達成するため、本発明の第4の観点に係る半導体素子は、  
 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
 前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される絶縁膜と、  
 前記絶縁膜上に形成された第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
 前記第2半導体領域は、前記半導体基体の中心側に第1の不純物濃度に形成された第1の領域と、前記第1の不純物濃度より低い第2の不純物濃度に形成され、前記半導体基体の外周側に前記第1の領域を包囲するように形成された第2の領域と、を備えることを特徴とする。

## 発明の効果

- [0019] 本発明によれば、半導体素子中心部での電流量を減少させることによって、素子中心部での発熱を抑制し、発熱による熱暴走を起こし難い半導体素子を提供することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る半導体素子の構成例を示す平面図である。  
 [図2]本発明の第1の実施の形態に係る半導体素子の中心部の構成例を示す平面図である。  
 [図3]本発明の第1の実施の形態に係る半導体素子の周辺部の構成例を示す平面図である。  
 [図4]図2に示す半導体素子のX-X断面図である。  
 [図5]半導体素子を二段に重ねた構造を示す断面図である。  
 [図6]エミッタ間引き率を変化させた場合の半導体基体の温度分布を示す図である。  
 [図7]本発明の第2の実施の形態に係る半導体素子の構成例を示す平面図である。  
 [図8]図7に示す半導体素子のX1-X1線断面図である。  
 [図9]図7に示す半導体素子のX2-X2線断面図である。  
 [図10]図7に示す半導体素子のY-Y線断面図である。  
 [図11]本発明の第3の実施の形態に係る半導体素子の構成例を示す平面図である。  
 [図12]図11に示す半導体素子のZ1-Z1線断面図である。  
 [図13]図11に示す半導体素子のZ2-Z2線断面図である。

## 符号の説明

- [0021] 10, 60, 80 半導体素子  
 11  $N^-$ 型ベース領域  
 12  $P^+$ 型コレクタ領域  
 13, 83  $P$ 型ベース領域  
 14, 62  $N^+$ 型エミッタ領域  
 15  $N$ 型バッファ領域  
 21, 61, 81 半導体基体

- 31 エミッタ電極
- 32 コレクタ電極
- 33 ゲート電極
- 34, 64 ゲート絶縁膜
- 35 層間絶縁膜
- 66 保護膜

#### 発明を実施するための最良の形態

[0022] 本発明の各実施の形態に係る半導体素子について図を用いて説明する。

本実施の形態では、半導体素子としてIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor; 以下、IGBT)を用いた場合を例に挙げて説明する。

[0023] (第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係る半導体素子10を図1～図4に示す。図1は半導体素子10を示す平面図である。図2は、図1に示す半導体素子10の一点鎖線で囲んだ領域10aを示す平面図である。図3は、図1に示す半導体素子10の一点鎖線で囲んだ領域10bを示す平面図である。図4は、図2に示す半導体素子10のX-X断面図である。なお、 $N^+$ 型エミッタ領域14の配置の説明を容易にするため、図1では後述するエミッタ電極31と、ゲート電極33と、層間絶縁膜35とを省略しており、また、図2及び図3とは異なり $N^+$ 型エミッタ領域14の形状を長方形に図示している。図2及び図3では、後述するエミッタ電極31を省略している。

[0024] 半導体素子10は、図1～図4に示すように、半導体基体21と、エミッタ電極31と、コレクタ電極32と、ゲート電極33と、ゲート絶縁膜34と、層間絶縁膜35と、を備える。半導体基体21は、 $N^-$ 型ベース領域11と、 $P^+$ 型コレクタ領域12と、P型ベース領域13と、 $N^+$ 型エミッタ領域14と、N型バッファ領域15と、を備える。

[0025]  $N^-$ 型ベース領域11は、例えばリン等のN型(第1導電型)の不純物が拡散されたN型半導体領域から形成される。 $N^-$ 型ベース領域11は、例えば、 $45\mu\text{m}$ 程度の厚さ、 $2\times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ 程度の不純物濃度で形成される。

[0026]  $P^+$ 型コレクタ領域12は、例えばボロン等のP型(第2導電型)の不純物が拡散されたP型半導体領域から構成され、図4に示すようにN型バッファ領域15の下面に形成

される。P<sup>+</sup>型コレクタ領域12の下面には、コレクタ電極32が形成されている。P<sup>+</sup>型コレクタ領域12は、半導体素子10の動作時にN<sup>-</sup>型ベース領域11内にホール(正孔)を注入し伝導度変調をもたらす。P<sup>+</sup>型コレクタ領域12は例えば200  $\mu$  m程度の厚さで形成され、P<sup>+</sup>型コレクタ領域12のP型不純物濃度は、P型ベース領域13の不純物濃度より高く、例えば $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の不純物濃度で形成されている。

[0027] P型ベース領域13は、P型の不純物が拡散されたP型半導体領域から構成され、図4に示すようにN<sup>-</sup>型ベース領域11の表面領域に形成される。P型ベース領域13は図1に示すように帯状に形成されており、相互に離間し、並んで形成される。N<sup>-</sup>型ベース領域11とN<sup>+</sup>型エミッタ領域14との間のP型ベース領域13上には、ゲート絶縁膜34を介してゲート電極33が形成されている。ゲート電極33にしきい値電圧以上の電圧が印加されると、P型ベース領域13内にチャネルが形成される。P型ベース領域13は、例えば3  $\mu$  m程度の厚さで形成されており、P型ベース領域13のP型不純物濃度は、P<sup>+</sup>型コレクタ領域12の不純物濃度より低く、例えば、 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度の不純物濃度で形成されている。

[0028] N<sup>+</sup>型エミッタ領域14は、N型の不純物が拡散されたN型半導体領域から構成され、P型ベース領域13の表面領域に形成される。図4に示すようにN<sup>+</sup>型エミッタ領域14の上面に、エミッタ電極31が形成される。N<sup>+</sup>型エミッタ領域14は、例えば0.5  $\mu$  m程度の厚さで形成されており、N<sup>+</sup>型エミッタ領域14のN型不純物濃度はN<sup>-</sup>型ベース領域11より高く、例えば $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度の不純物濃度で形成される。

[0029] また、半導体基体21の中心部でN<sup>+</sup>型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合は、環状に中心部を包囲する周辺部でN<sup>+</sup>型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合と比較して小さくなるように形成される。

[0030] 具体的には、例えば半導体素子10の中心部は、図2に示すようにゲート電極33、層間絶縁膜35下のN<sup>+</sup>型エミッタ領域14の幅Te1が3  $\mu$  m、エミッタ電極31下のN<sup>+</sup>型エミッタ領域14の幅Te2が4.5  $\mu$  m、層間絶縁膜35下の隣り合うエミッタ領域の間隔De1が12  $\mu$  m、エミッタ電極31下の隣り合うN<sup>+</sup>型エミッタ領域14の間隔De2が10.5  $\mu$  mとなるように形成されている。

[0031] 一方、半導体素子10の周辺部は、図3に示すように層間絶縁膜35下のN<sup>+</sup>型エミ

ッタ領域14の幅 $Te1'$ が $6\mu m$ 、エミッタ電極31下の $N^+$ 型エミッタ領域14の幅 $Te2$ が $4.5\mu m$ 、層間絶縁膜35下の隣り合う $N^+$ 型エミッタ領域14の間隔 $De1'$ が $9\mu m$ 、エミッタ電極31下の隣り合う $N^+$ 型エミッタ領域14の間隔 $De2$ が $10.5\mu m$ となるように形成されている。

[0032] ここで $N^+$ 型エミッタ領域14の面積の違いを説明するため、隣り合う $N^+$ 型エミッタ領域14間の距離を、 $N^+$ 型エミッタ領域14の幅と隣り合う $N^+$ 型エミッタ領域14間の距離との合計で割って算出したエミッタ間引き率を便宜的に用いる。本実施の形態ではエミッタ電極31下の $N^+$ 型エミッタ領域14の幅は、等しく形成されるため、層間絶縁膜35下の $N^+$ 型エミッタ領域14の幅、隣り合う $N^+$ 型エミッタ領域14間の幅を利用する。

[0033] 具体的には、図2に示す半導体素子10の中心部では $N^+$ 型エミッタ領域14の幅 $Te1$ は、 $3\mu m$ 、 $N^+$ 型エミッタ領域14の離間する幅 $De1$ は $12\mu m$ であるため、エミッタ間引き率は80%となる。一方、図3に示す半導体素子10の周辺部では、 $N^+$ 型エミッタ領域14の幅 $Te1'$ は $6\mu m$ 、 $N^+$ 型エミッタ領域14の離間する幅 $De1'$ は $9\mu m$ であるため、エミッタ間引き率は60%となる。従って、本実施の形態の半導体素子10はエミッタ間引き率を用いて表現すると、中心部でエミッタ間引き率が80%、周辺部でエミッタ間引き率が60%となるように形成される。

[0034]  $N$ 型バッファ領域15は、 $N$ 型の不純物が拡散された $N$ 型半導体領域から構成され、 $P^+$ 型コレクタ領域12の上面に形成される。 $N$ 型バッファ領域15は、 $N^-$ 型ベース領域11への正孔の注入を抑制する。

[0035] エミッタ電極31は、導電材料、例えばアルミニウムシリコン( $Al-Si$ )から形成された電極層31aと、例えばチタンニッケル合金( $Ti-Ni$ )から形成された電極層31bと、から構成され、 $N^+$ 型エミッタ領域14等の上面に形成される。エミッタ電極31と、ゲート電極33は、シリコン系膜等の層間絶縁膜35で絶縁されている。図2及び3に示すように隣り合う層間絶縁膜35の間隔は $5\mu m$ である。

[0036] コレクタ電極32は、アルミニウム等から構成され、図4に示すように $P^+$ 型コレクタ領域12の下面に形成される。

[0037] ゲート電極33は、ポリシリコン等から構成され、図4に示すように $N^-$ 型ベース領域1

1とN<sup>+</sup>型エミッタ領域14との間のP型ベース領域13上にシリコン系膜等のゲート絶縁膜34を介して配置されている。ゲート電極33の幅Tgは、図2及び3に示すように26  $\mu$  mである。隣り合うゲート電極33の幅Dgは、8  $\mu$  mである。

[0038] 以上の構成を採る半導体素子10のゲート電極33に電圧が印加されると、電界が生じ空乏層がゲート絶縁膜34下のP型ベース領域13の表面領域に形成される。印加される電圧がしきい値電圧以上になると、P型ベース領域13の表面領域に反転層(チャネル)が形成される。この結果、N<sup>+</sup>型エミッタ領域14からチャネルを介してN型ベース領域11に電子が注入され、またP<sup>+</sup>型コレクタ領域12からN型ベース領域11に正孔が注入される。そしてN<sup>+</sup>型エミッタ領域14とP<sup>+</sup>型コレクタ領域12との間にチャネルとN型ベース領域11を介して電流が流れ、半導体素子10はオン状態となる。

[0039] 第1の実施の形態の半導体素子10は、半導体素子10の中心部においてN<sup>+</sup>型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合が、周辺部においてN<sup>+</sup>型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合より小さくなるように形成される。従って、半導体素子10がオン状態である際、半導体素子10の中心部で流れる電流は周辺部と比較して少なく、中心部で発生する熱は周辺部と比較して少なくなる。結果として、半導体素子10の中心部は、中心部で発生する熱そのものに加えて周辺部で発生する熱が伝達した場合であっても熱暴走を起こしにくくなる。

[0040] 例えば、半導体素子の周辺部のエミッタ間引き率を60%とし、中心部のエミッタ間引き率を60%、80%、100%と変化させた場合の、半導体素子の半導体基体の温度分布を図6(a)～(c)に示す。

[0041] エミッタ間引き率60%の場合(間引き率変化なし)、図6(a)に示すように、半導体素子の中心部で発生する熱に加えて、周辺部から発生する熱が加わるため半導体素子の中心部は良好に放熱がなされず、半導体素子周辺から中心に向かって温度が高くなる。この場合、半導体素子の中心部で熱暴走が起こりやすくなる。

[0042] 一方、エミッタ間引き率100%の場合、図6(c)に示すように、半導体素子中心部で発生する熱はないため、半導体素子中心部に熱が集中することはなく、半導体素子周辺部のみ温度が高くなる。しかし、エミッタ間引き率100%の半導体素子は、エミッタ間引き率60%や80%の場合と同様の電流容量を確保するため、周辺部のエミッタ



領域の面積の割合をエミッタ間引き率60%の場合と比較して広く形成する必要があるため、特に周辺部の発熱が高くなる。

[0043] これに対し、エミッタ間引き率80%の場合、図6(b)に示すように、半導体素子周辺部から中心へ向かって温度は高くなる。しかし半導体素子中心部で発生する熱が少ないため、周辺部から熱が伝達しても中心部が特に突出して高くなることはない。従って、半導体素子10の中心部に熱が集中することではなく、半導体素子10が熱暴走することを抑制できる。

[0044] また、本実施の形態の半導体素子は、特に熱の集中する中心部のみ $N^+$ 型エミッタ領域14のP型ベース領域13に占める面積の割合を減らすため、熱の集中しない周辺部の電流量は確保され、半導体素子10全体の電流容量の減少を低く抑えることが可能である。

[0045] 以上説明したように、本実施の形態では、半導体素子10の中心部とこれを包囲する周辺部とで、P型ベース領域13の延伸方向に沿った $N^+$ 型エミッタ領域14の面積と相互の間隔とをともに変更することにより、素子中心部のエミッタ間引き率を素子周辺部のエミッタ間引き率より大きくする。すなわち、 $N^+$ 型エミッタ領域14のP型ベース領域13に占める面積の割合は、素子中心部より素子周辺部が大きくなる。

[0046] しかし、 $N^+$ 型エミッタ領域14のP型ベース領域13に占める面積の割合を、素子中心部と素子周辺部とで変更するための手法は、P型ベース領域13の延伸方向に沿った $N^+$ 型エミッタ領域14の面積と相互の間隔とをともに変更することには限定されない。例えば、P型ベース領域13の延伸方向に沿った $N^+$ 型エミッタ領域14の面積と相互の間隔のいずれかのみを変更することにより、 $N^+$ 型エミッタ領域14のP型ベース領域13に占める面積の割合を、素子中心部より素子周辺部が大きくなるようにしてもよい。

[0047] また、 $N^+$ 型エミッタ領域14の面積と相互の間隔のいずれかのみを前記延伸方向に沿ってその中央部と端部とで変更するとともに、前記延伸方向に直交する方向のP型ベース領域13の間隔 $T_g$ を素子中心部と素子周辺部とで変更してもよい。

[0048] つまり、帯状のP型ベース領域13の表面領域に $N^+$ 型エミッタ領域14が形成されている場合には、P型ベース領域13の延伸方向に沿って、 $N^+$ 型エミッタ領域14のP型

ベース領域13に占める面積の割合を素子中心部が素子周辺部より大きくなるように変更するとともに、前記延伸方向に直交する方向に沿っても、 $N^+$ 型エミッタ領域14の前記面積の割合を素子中心部が素子周辺部より大きくなるように変更すればよい。

- [0049] 島状のP型ベース領域の表面領域に $N^+$ 型エミッタ領域が形成されている場合であっても、第1の方向に沿って $N^+$ 型エミッタ領域のP型ベース領域に占める面積の割合を素子中心部が素子周辺部より大きくなるように変更するとともに、前記第1の方向に直交する第2の方向に沿っても、 $N^+$ 型エミッタ領域の前記面積の割合を素子中心部が素子周辺部より大きくなるように変更すればよい。この場合、第1の方向は、半導体素子の周縁の一边または一部に平行または垂直な方向として規定することができる。
- [0050] 本発明の半導体素子10は従来の組込構造、例えば図5に示すように半導体素子が二層構造となっている場合に特に有用である。例えば、図5に示すように、本実施の形態に係る半導体素子10の上に半導体素子50が設置されている場合である。半導体素子10と半導体素子50の間には、アルミニウム膜等から形成される表面電極51及び裏面電極52と、例えば二酸化ケイ素( $SiO_2$ )等から形成される保護膜53と、半田付け電極54と、チップ接合剤55とが形成されている。半導体素子50は、半導体素子10の中央側、すなわち $N^+$ 型エミッタ領域14のP型ベース領域13に占める面積の割合が小さい第1の領域の上面に配置される。
- [0051] このような組立構造では、上に搭載された半導体素子50から発せられる熱が、裏面電極52、チップ接合材55、半田付け電極54、表面電極51を通じて半導体素子10の中心部に伝わる。このため、半導体素子10自体から発せられる熱と半導体素子50から伝達される熱とが合わさり、半導体素子10は単独で動作している場合と比較して熱暴走を起こしやすくなる。
- [0052] 本発明の半導体素子10は、素子中心部のエミッタ領域のベース領域に占める面積の割合を減少させ、この上面に半導体素子50を配置させることによって、半導体素子10の中心部に熱が集中することを抑制でき、熱暴走を良好に防止することができる。

[0053] 本発明によれば、半導体素子の放熱性を高めるだけでなく、さらに発熱や放熱と密接な関係を持つF-ASO等の耐量の向上方法としても有効な手段となりうる。

[0054] (第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る半導体素子を、図を用いて説明する。本実施の形態の半導体素子が、第1の実施の形態の半導体素子と異なるのは、エミッタ領域の面積は周辺部と中心部でほぼ同じに形成されるが、ゲート絶縁膜の厚みが素子の周辺部と中心部で異なる点にある。第1の実施の形態の半導体素子と共通する部分については、同一の引用番号を付し、詳細な説明を省略する。

[0055] 本実施の形態に係る半導体素子60を図7～図10に示す。図7は、半導体素子の60の構成例を示す平面図である。図8は、図7に示す半導体素子60のX1-X1線断面図であり、図9は、X2-X2線断面図である。また、図10は、図7に示す半導体素子60のY-Y線断面図である。なお、図7では説明の便宜のため、半導体素子61、ゲート電極33、及びN<sup>+</sup>型エミッタ領域62のみを図示している。

[0056] 半導体素子60は、図7～図10に示すように半導体基体61と、エミッタ電極31と、コレクタ電極32と、ゲート電極33と、層間絶縁膜35と、ゲート絶縁膜64と、保護膜66と、を備える。半導体基体61は、N<sup>-</sup>型ベース領域11と、P<sup>+</sup>型コレクタ領域12と、P型ベース領域13と、N<sup>+</sup>型エミッタ領域62と、N型バッファ領域15と、を備える。

[0057] N<sup>-</sup>型ベース領域11は、例えばリン等のN型(第1導電型)の不純物が拡散されたN型半導体領域から形成される。

[0058] P<sup>+</sup>型コレクタ領域12は、例えばボロン等のP型(第2導電型)の不純物が拡散されたP型半導体領域から構成され、図8に示すようにN型バッファ領域15の下面に形成される。P<sup>+</sup>型コレクタ領域12の下面には、コレクタ電極32が形成されている。

[0059] P型ベース領域13は、P型の不純物が拡散されたP型半導体領域から構成され、図8及び図9に示すようにN<sup>-</sup>型ベース領域11の表面領域に形成される。P型ベース領域13は図8～10に示すように帯状に形成されており、相互に離間し、並んで形成される。ゲート電極33にしきい値電圧以上の電圧が印加されると、P型ベース領域13内にチャネルが形成される。

[0060] N型バッファ領域15は、N型の不純物が拡散されたN型半導体領域から構成され

、 $P^+$ 型コレクタ領域12の上面に形成される。 $N$ 型バッファ領域15は、 $N^-$ 型ベース領域11への正孔の注入を抑制する。

- [0061]  $N^+$ 型エミッタ領域62は、 $N$ 型の不純物が拡散された $N$ 型半導体領域から構成され、 $P$ 型ベース領域13の表面領域に形成される。 $N^+$ 型エミッタ領域62は、図7に示すように帯状に形成されており、相互に離間し、並んで形成される。このように本実施の形態の $N^+$ 型エミッタ領域62は、第1の実施の形態と異なり、半導体素子60の中心部と周辺部とではほぼ同じ面積に形成される。
- [0062] エミッタ電極31は、アルミニウム等から構成され、 $N^+$ 型エミッタ領域62等の上面に形成される。エミッタ電極31とゲート電極33とは、シリコン系膜等の層間絶縁膜35で絶縁されている。なお、第1の実施の形態と同様に $N^+$ 型エミッタ領域62の中央に孔を設けて、この孔を通じて $P$ 型ベース領域13をエミッタ電極31に接続しても良い。
- [0063] コレクタ電極32は、アルミニウム等から構成され、 $P^+$ 型コレクタ領域12の下面に形成される。
- [0064] ゲート電極33は、ポリシリコン等から構成され、図8及び図9に示すように $N^-$ 型ベース領域11と $N^+$ 型エミッタ領域62との間の $P$ 型ベース領域13上にシリコン系膜等のゲート絶縁膜64を介して配置されている。
- [0065] 保護膜66は、例えばポリイミドから構成され、図8～10に示すようにエミッタ電極31の上面に形成される。
- [0066] ゲート絶縁膜64は、絶縁材料、例えば二酸化ケイ素( $SiO_2$ )等から構成され、図10に示すように半導体素子60の中心部に形成されたゲート絶縁膜64aと、周辺部に形成されたゲート絶縁膜64bとから構成される。例えば、ゲート絶縁膜64aは、1000 Å程度の厚みに形成され、ゲート絶縁膜64bは、500 Å程度の厚みに形成される。このようにゲート絶縁膜64を中心部で厚く、周辺部で薄く形成することにより、半導体素子60の中心部のしきい値電圧を上げることができ、ゲート電極33に電圧が印加された際、半導体素子の中心部では周辺部と比較して $P$ 型ベース領域13が $N$ 型に反転しにくくなり、チャネルが形成されにくくなる。従って、半導体素子60の中央部に流れる電流を、周辺部に流れる電流より小さくすることができる。結果として、半導体素子60の中心部で発生する熱を減少させることができる。なお、半導体素子60の中心部

のしきい値を上げ、且つ所望の電流容量が得られるように、ゲート絶縁膜64aの厚みをゲート絶縁膜64bの厚みの1.5～3.0倍に形成するのが良い。

[0067] 上述したように本実施の形態の半導体素子60によれば、ゲート絶縁膜64の厚みを半導体素子60の中心部で厚く、周辺部で薄く形成することによって、半導体素子60の中心部の発熱量を周辺部と比較し減少させることができる。従って、半導体素子60の中心部に周辺部からの熱が伝達する等によって熱が集中することを防ぐことができ、熱暴走による半導体素子の破壊を防止することができる。

[0068] (第3の実施の形態)

本発明の第3の実施の形態に係る半導体素子80を、図を用いて説明する。本実施の形態の半導体素子80が、第1の実施の形態及び第2の実施の形態の半導体素子と異なるのは、エミッタ領域の面積及びゲート絶縁膜の厚みは半導体素子の中心部と周辺部とで同じに形成されるが、ゲート絶縁膜下の不純物濃度が半導体素子の中心部と周辺部とで異なる点にある。第1の実施の形態及び第2の実施の形態の半導体素子と共通する部分については、同一の引用番号を付し、詳細な説明を省略する。

[0069] 本実施の形態に係る半導体素子80を図11～13に示す。図11は、半導体素子80の構成例を示す平面図である。図12は、図11のZ1-Z1線断面図であり、図13は図11に示す半導体素子80のZ2-Z2線断面図である。なお、図11では説明の便宜のため、半導体基体81、ゲート電極33、P型ベース領域83のみを図示している。

[0070] 半導体素子80は、図11～図13に示すように半導体基体81と、エミッタ電極31と、コレクタ電極32と、ゲート電極33と、ゲート絶縁膜34と、層間絶縁膜35と、保護膜66と、を備える。半導体基体81は、N<sup>-</sup>型ベース領域11と、P<sup>+</sup>型コレクタ領域12と、P型ベース領域83と、N<sup>+</sup>型エミッタ領域62と、N型バッファ領域15と、を備える。

[0071] P型ベース領域83は、P型の不純物が拡散されたP型半導体領域から構成され、図12及び13に示すようにN<sup>-</sup>型ベース領域11の表面領域に形成される。本実施の形態のP型ベース領域83は、半導体素子80の中心部に形成され且つ相対的に不純物濃度が高く形成されたベース領域83aと、半導体素子80の周辺部に形成され且つ相対的に不純物濃度が低く形成されたベース領域83bとを備える。ベース領域

83aの不純物濃度は、例えば $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 程度に形成され、ベース領域83bの不純物濃度は、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 程度に形成される。ベース領域83a及び83bは、不純物濃度が異なるのみで、面積、厚み等は、図12及び図13に示すように半導体素子80の中心部と周辺部とで、ほぼ同じに形成される。なお、半導体素子80の中心部のしきい値を上げ、且つ所望の電流容量が得られるように、ベース領域83aの不純物濃度をベース領域83bの不純物濃度の1.2～1.8倍に形成するのが良い。

[0072] このように半導体素子80の中心部と周辺部とで、P型ベース領域83の不純物濃度を変化させることによって、ゲート電極33に同じ電圧が印加された際、半導体素子80の中心部では周辺部と異なり反転層が形成されにくくなる。換言すれば、半導体素子80の中心部の電流量が減少するため、半導体素子80の中心部での発熱を低くすることが可能となる。従って、半導体素子80の中心部に熱が集中することを防ぐことができ、熱暴走による素子の破壊を防止することが可能となる。

[0073]  $N^+$ 型エミッタ領域62は、N型の不純物が拡散されたN型半導体領域から構成され、P型ベース領域83の表面領域に形成される。 $N^+$ 型エミッタ領域62は、第2の実施の形態と同様に帯状に形成されており、相互に離間し、並んで形成され、半導体素子80の中心部と周辺部とでほぼ同じ面積に形成される。

[0074] なお、ゲート絶縁膜34は、第2の実施の形態と異なり、図12及び13に示すように半導体素子80の中心部と周辺部とで同じ厚さに形成される。

[0075] 上述したように本実施の形態の半導体素子80は、P型ベース領域83の不純物濃度を素子の中心部で高く、素子の周辺部で低く形成することによって、ゲート電極33に電圧が印加された際、素子中心部のP型ベース領域83がN型に反転しにくくなる、換言すれば中心部では電流が流れにくくなる。従って、半導体素子80の中心部は周辺部と比較して、熱が生じにくくなる。結果として、半導体素子80の中心部に周辺部からの熱が伝達することによって熱が集中し、熱暴走が生ずることを防ぐことができる。

[0076] 本発明は上述したそれぞれの実施の形態に限られず、様々な修正及び応用が可能である。例えば、上述した第1の実施の形態では、中心部のエミッタ間引き率を80%、周辺部を60%とする場合を例に挙げて説明したが、これに限られず完成した半

導体素子に求められる性能、動作環境などに応じて間引き率を変化させることが可能である。例えば、中心部のエミッタ間引き率を70%～90%、周辺部を40%～60%とすることが可能である。また、周辺部と中心部の2段階でエミッタ間引き率を変化させるだけでなく、半導体素子の中心部から周辺部にかけて数段階にエミッタ間引き率を変化させる構成を採ることも可能である。

[0077] また、同様に上述した第2の実施の形態では、ゲート絶縁膜の厚みを2段階に変化させる場合を例に挙げて説明したが、これに限らず3段階以上に変化させても良い。また、第3の実施の形態でも同様に、P型ベース領域の不純物濃度を、2段階に変化させるだけでなく、3段階以上に変化させることが可能である。

[0078] 上述したそれぞれの実施の形態では、半導体素子の中心部と周辺部とでエミッタ間引き率を変化させる構成と、ゲート絶縁膜の厚みを変化させる構成、P型ベース領域の不純物濃度を変化させる構成を単独で実施する場合を例に挙げて説明した。しかし、これに限られず、半導体素子に要求される性能に応じて適宜組み合わせることが可能である。

[0079] 本出願は、2005年2月10日に出願された日本国特許出願2005-34881及び2005年10月6日に出願された日本国特許出願2005-293802の優先権を主張し、これらの出願の明細書、特許請求の範囲、要約及び図面の内容は、ここに参照により組み込まれる。

#### 産業上の利用可能性

[0080] 本発明は、IGBT、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 等、単位セルを繰り返して配置する半導体素子に応用することが可能である。さらに、本発明は、逆導電型の半導体素子に応用することも可能である。

### 請求の範囲

- [1] 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
 前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
 前記半導体基体の中心側に、前記第3半導体領域が前記第2半導体領域に対して第1の割合で占める第1の領域が形成されており、  
 前記半導体基体の外周側には、前記第3半導体領域が前記第2半導体領域に対して前記第1の割合よりも大きい第2の割合で占める第2の領域が、前記第1の領域を包囲するように形成されていることを特徴とする半導体素子。
- [2] 前記第3半導体領域は複数であり、相互に離間して形成されることを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。
- [3] 前記第2半導体領域は帯状に形成されることを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。
- [4] 前記第2半導体領域は複数であり、互いに離間し且つ並んで形成されることを特徴とする請求項3に記載の半導体素子。
- [5] 前記第2半導体領域の不純物濃度は、前記半導体基体の中心部で相対的に高く、周辺部で相対的に低いことを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。
- [6] 前記第1の電極は、絶縁膜を介して前記第2半導体領域上に形成されており、該絶縁膜の膜厚は、前記半導体基体の中心部で相対的に厚く、周辺部で相対的に薄いことを特徴とする請求項1に記載の半導体素子。
- [7] 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域とを有する半導体基体を備える半導体素子であって、  
 前記第3半導体領域は、第1の方向に沿って、その前記第2半導体領域に占める割合が前記半導体基体の中心部より周辺部が大きくなるように形成されるとともに、前記第1の方向と直交する第2の方向に沿って、前記第3半導体領域の前記第2半



導体領域に占める割合が前記半導体基体の中心部より周辺部が大きくなるように形成されていることを特徴とする半導体素子。

- [8] 前記第2半導体領域は帯状に形成されており、前記第1の方向は、前記第2半導体領域の延伸方向と平行に規定される、ことを特徴とする請求項7に記載の半導体素子。
- [9] 前記第2半導体領域は島状に形成されており、前記第1の方向は、該半導体素子の周縁の一部に平行または垂直に規定される、ことを特徴とする請求項7に記載の半導体素子。
- [10] 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
 前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される絶縁膜と、  
 前記絶縁膜上に形成される第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
 前記絶縁膜は、前記半導体基体の中心領域に、第1の厚さで形成された第1の領域と、前記第1の領域よりも薄い第2の厚さで形成され、前記半導体基体の外周側に前記第1の領域を包囲するように形成された第2の領域と、を備えることを特徴とする半導体素子。
- [11] 第1導電型の第1半導体領域と、前記第1半導体領域の表面領域に形成された第2導電型の第2半導体領域と、前記第2半導体領域の表面領域に形成された第1導電型の第3半導体領域と、を備える半導体基体と、  
 前記第1半導体領域と前記第3半導体領域に挟まれた前記第2半導体領域上に形成される絶縁膜と、  
 前記絶縁膜上に形成された第1の電極と、を備える半導体素子であって、  
 前記第2半導体領域は、前記半導体基体の中心側に第1の不純物濃度に形成された第1の領域と、前記第1の不純物濃度より低い第2の不純物濃度に形成され前記半導体基体の外周側に前記第1の領域を包囲するように形成された第2の領域と、を備えることを特徴とする半導体素子。

## 要 約 書

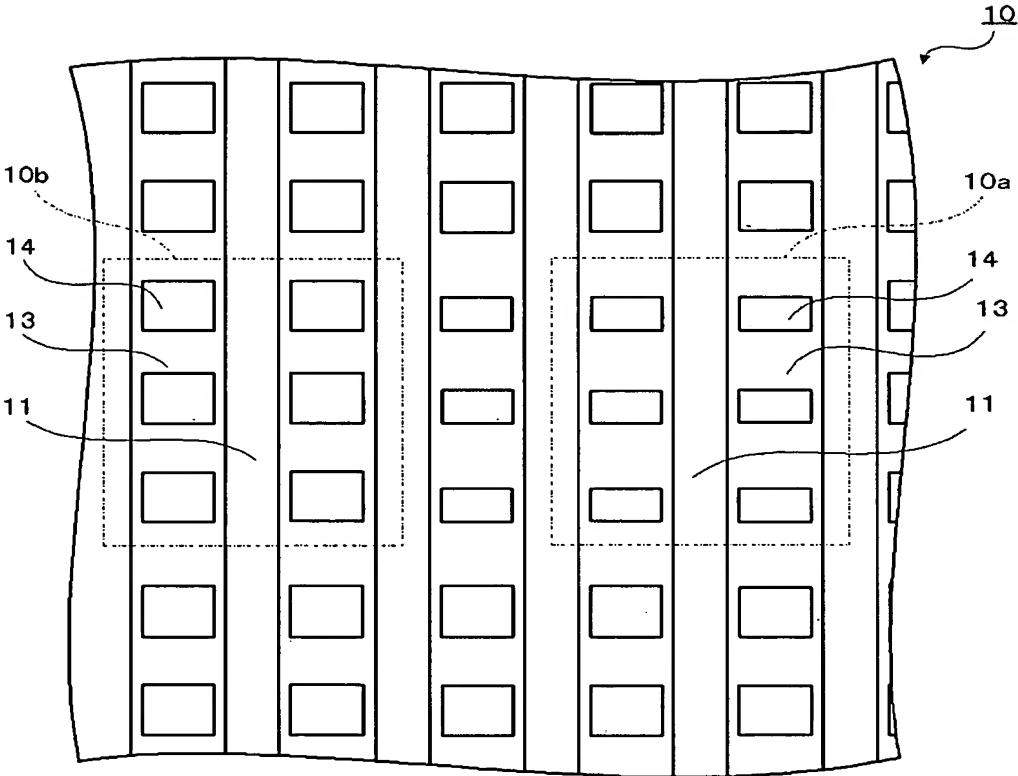
### 【要約】

### 【解決手段】

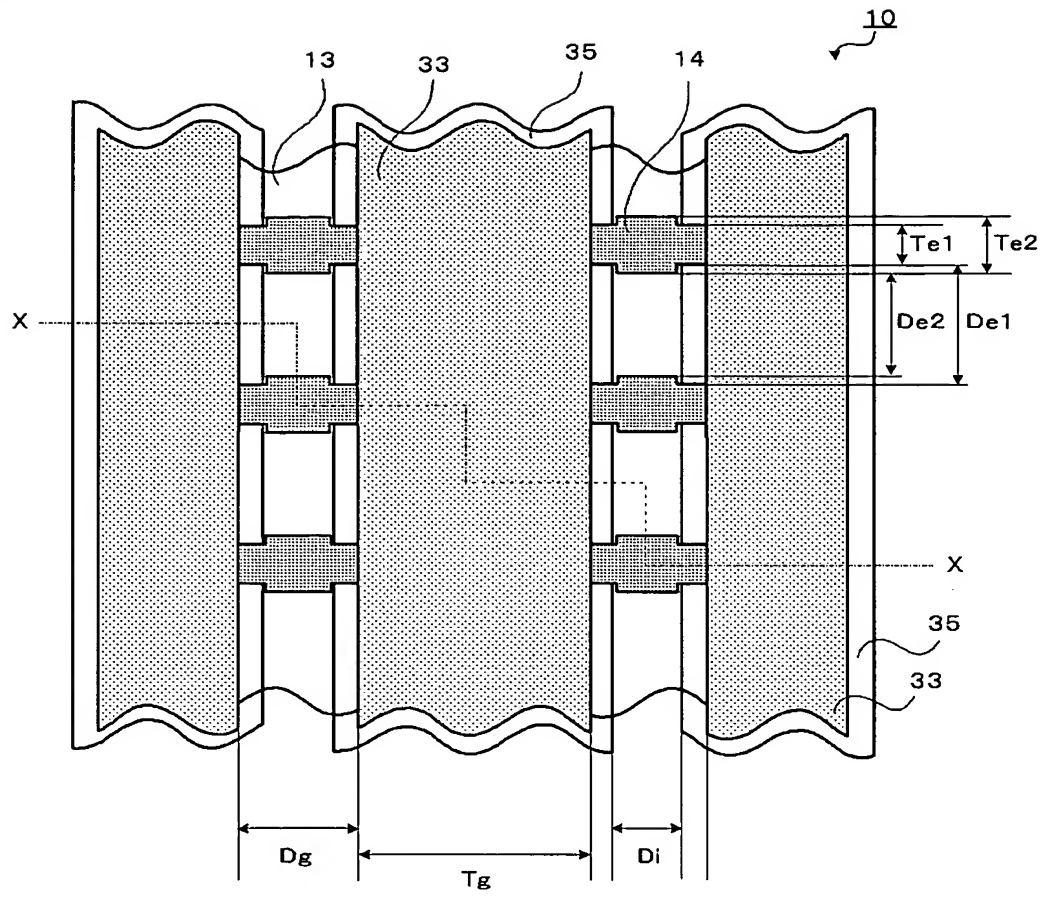
半導体素子10は、 $N^-$ 型ベース領域11内に形成されたP型ベース領域13と、P型ベース領域13内に相互に離間して複数形成された $N^+$ 型エミッタ領域14を備える。半導体素子10の中心部において $N^+$ 型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合は、半導体素子10の周辺部で $N^+$ 型エミッタ領域14がP型ベース領域13に占める面積の割合と比較して小さくなるように $N^+$ 型エミッタ領域14を形成する。

### 【選択図】図1

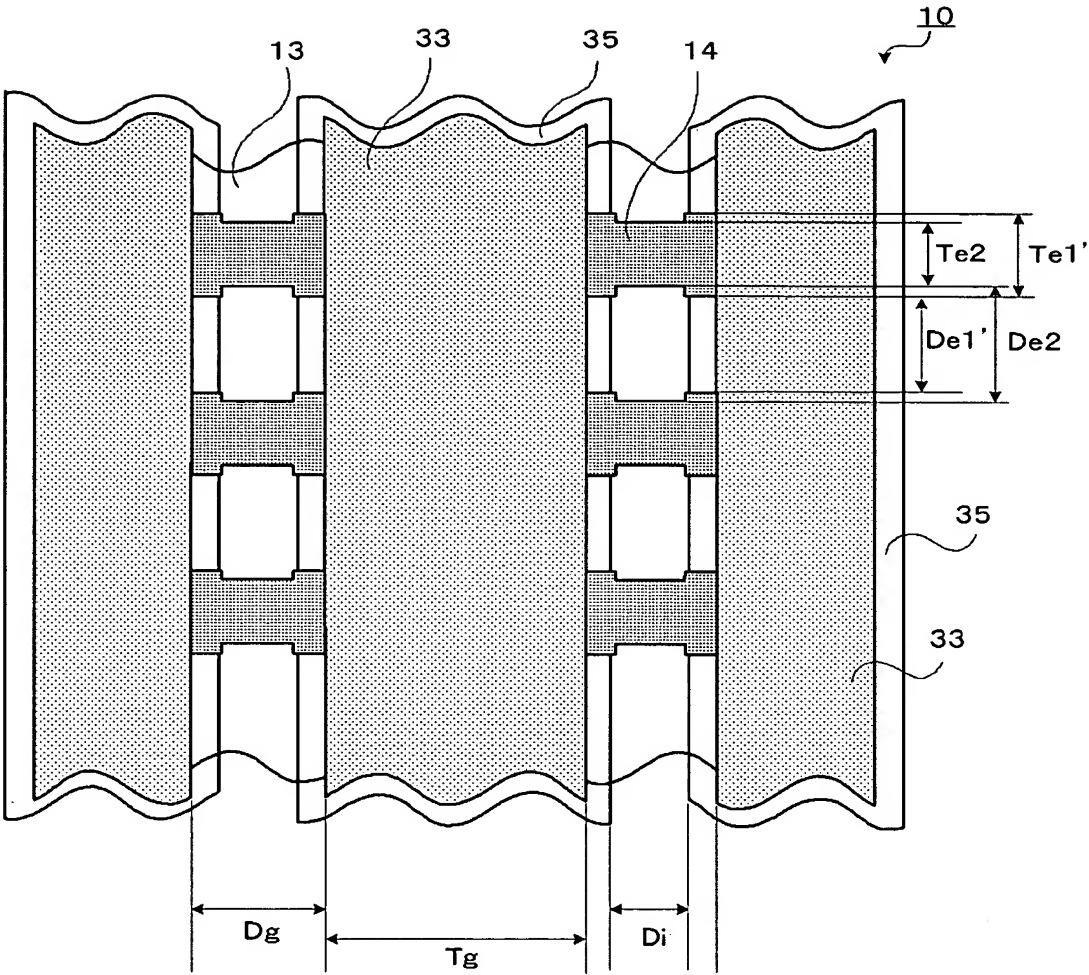
[図1]



[図2]

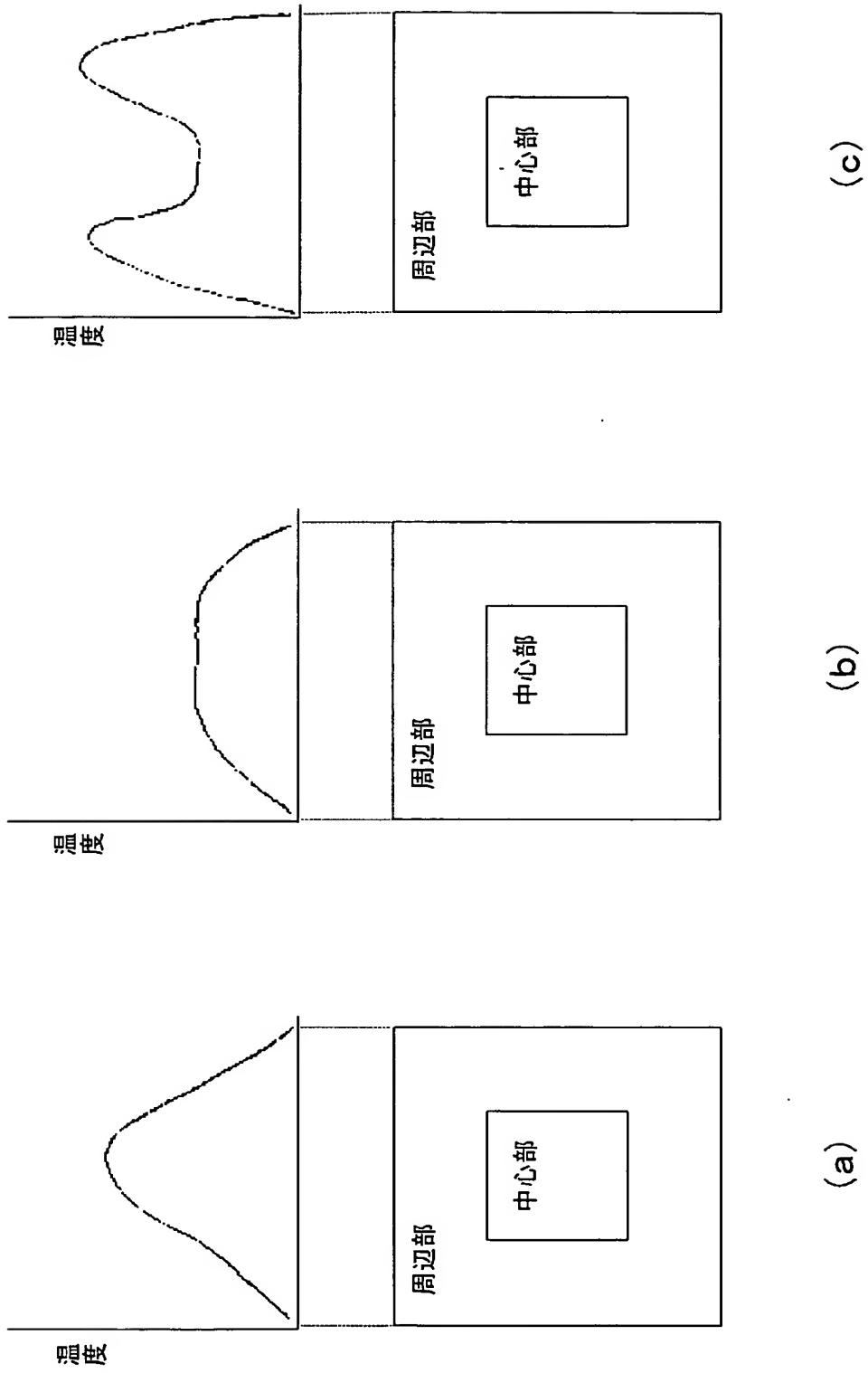


[図3]

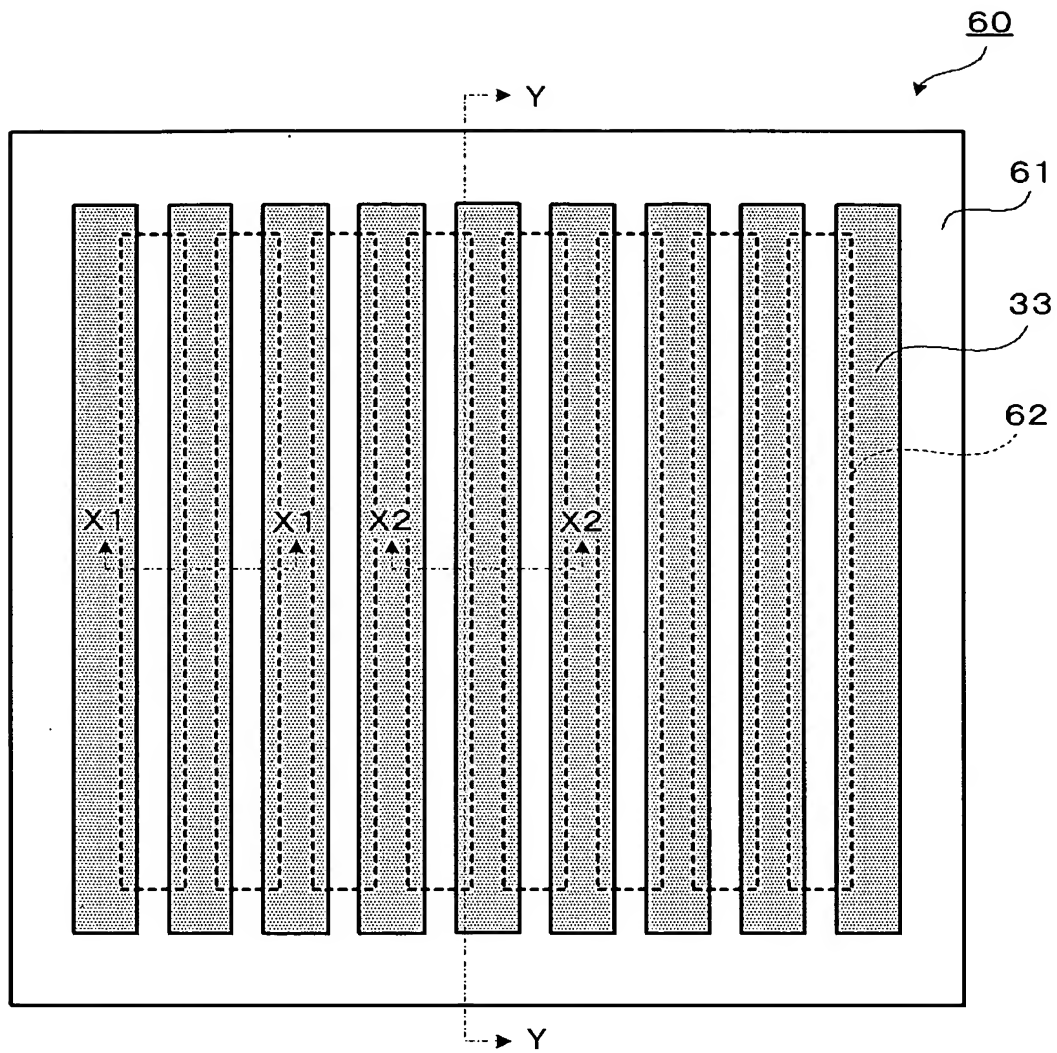




[図6]

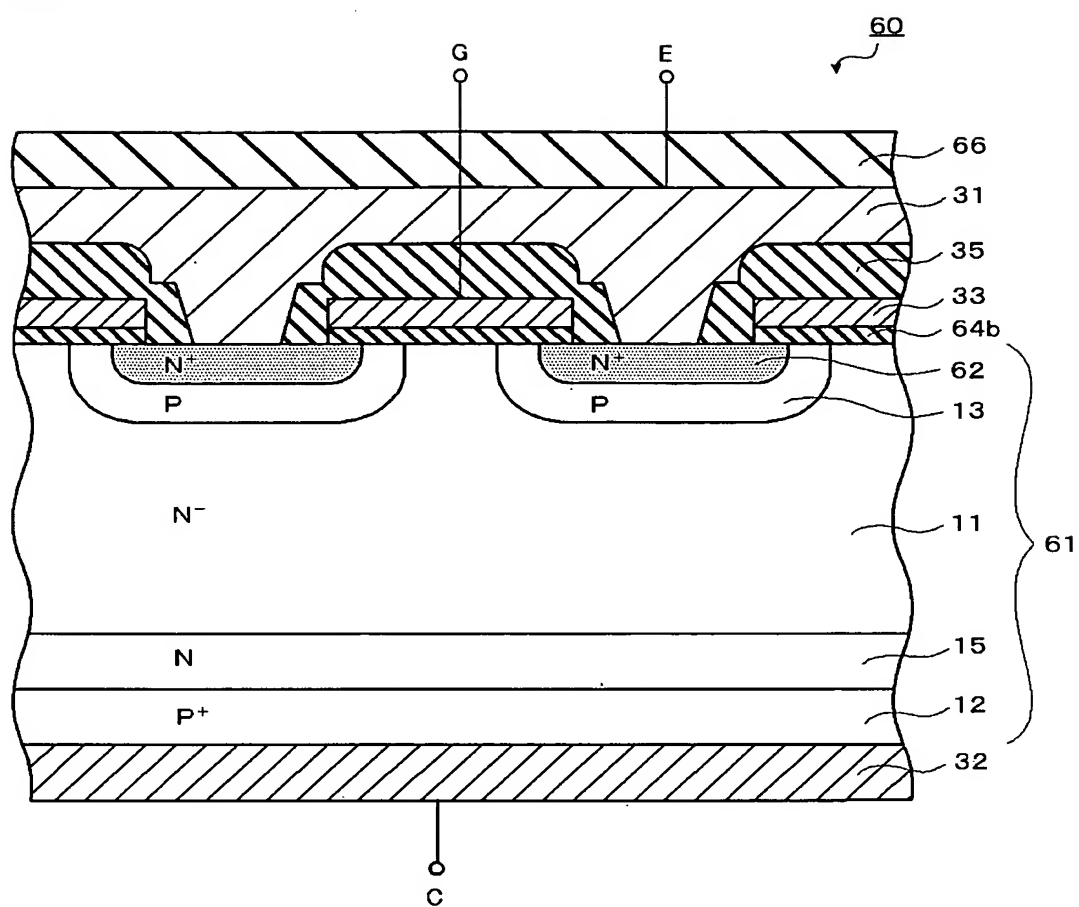


[図7]

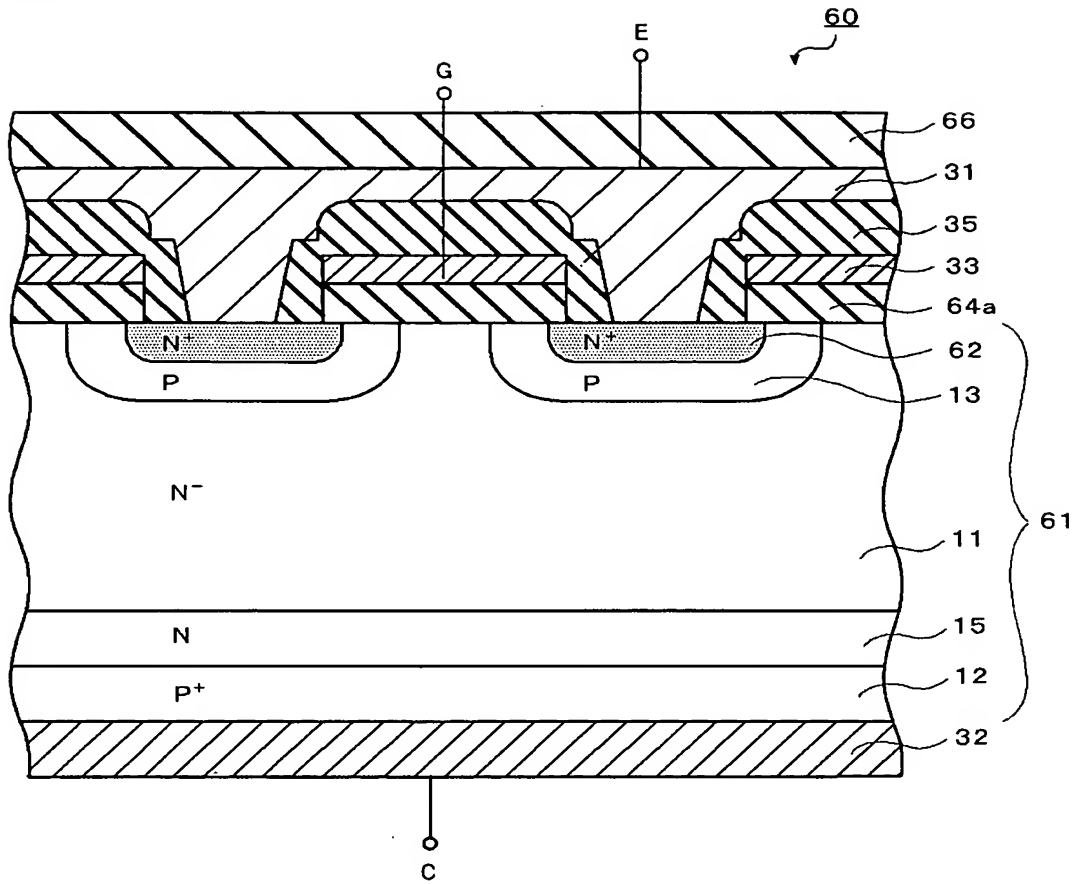




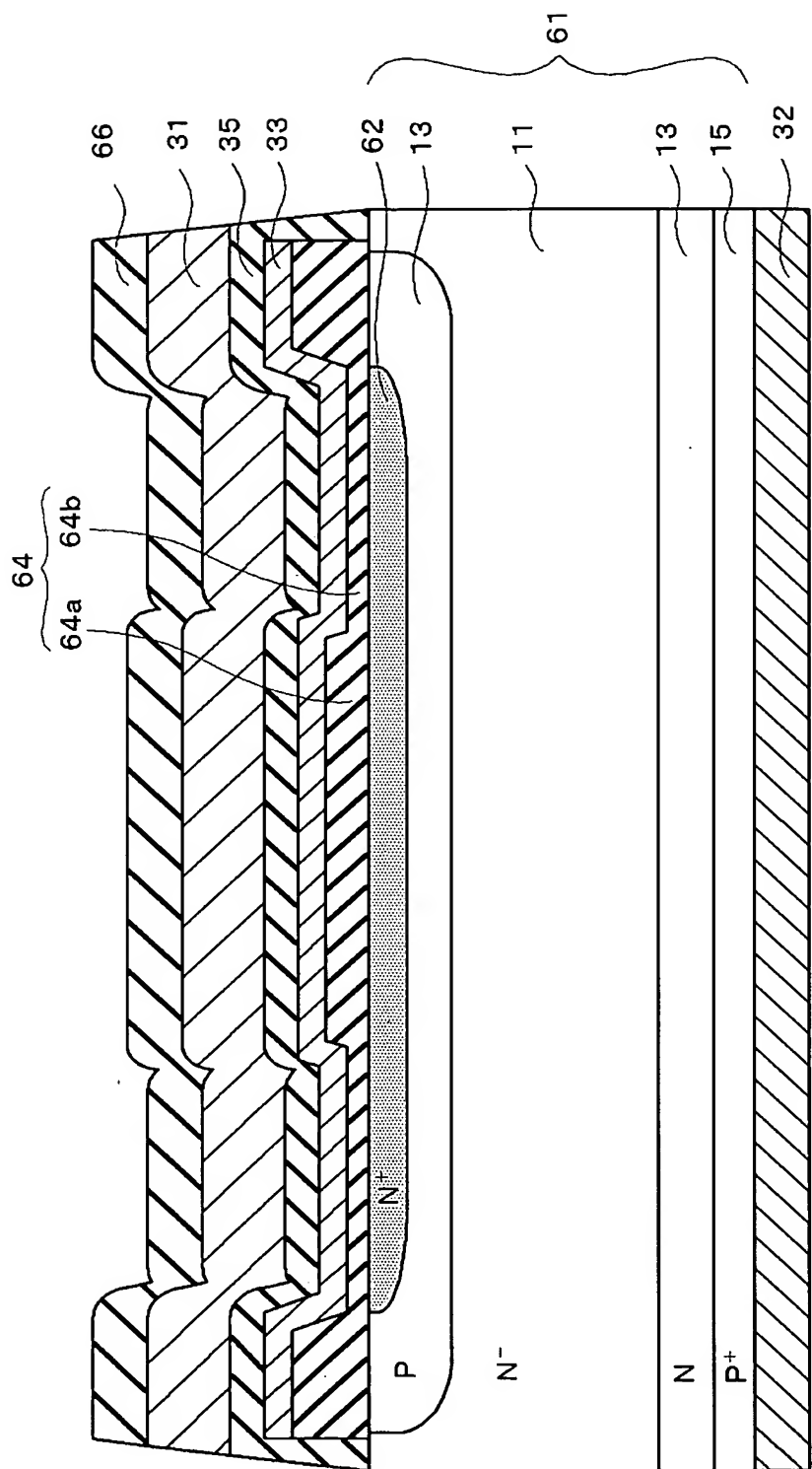
[図8]



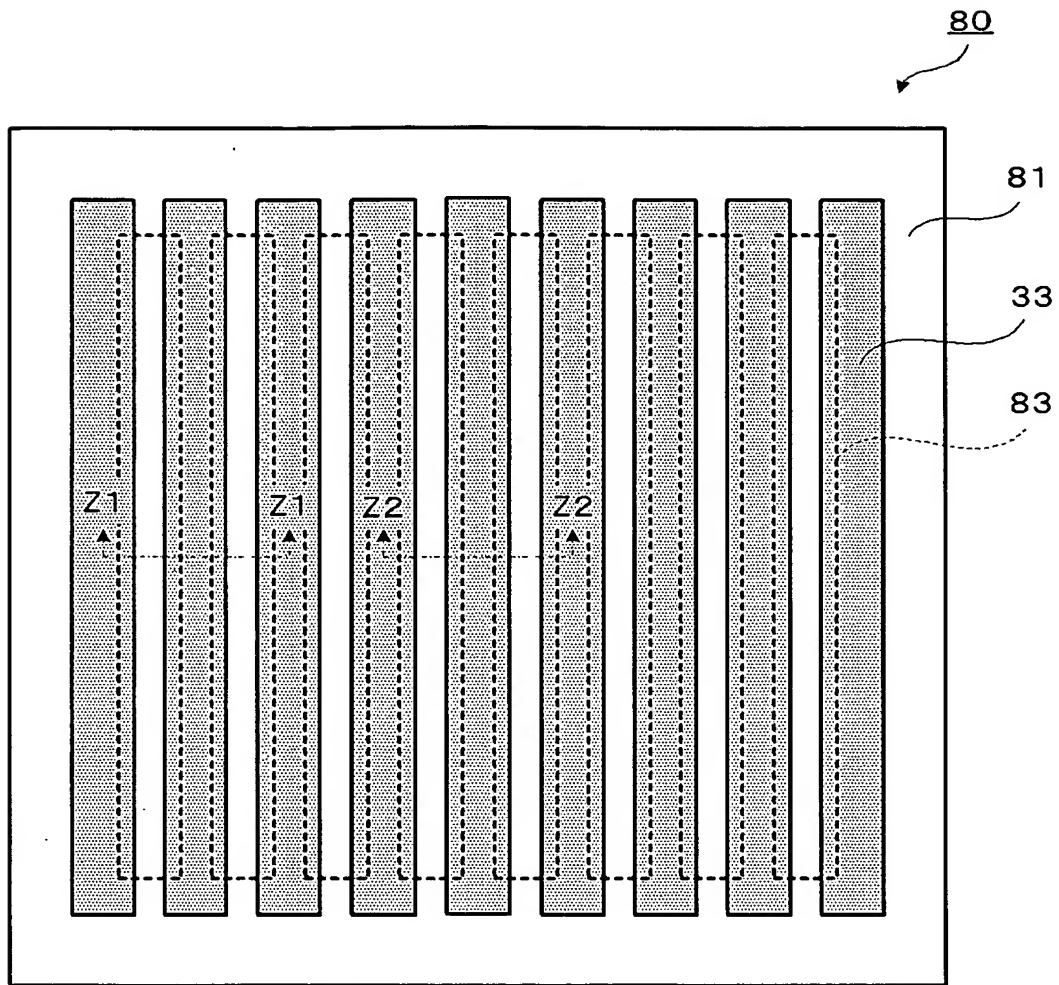
[図9]



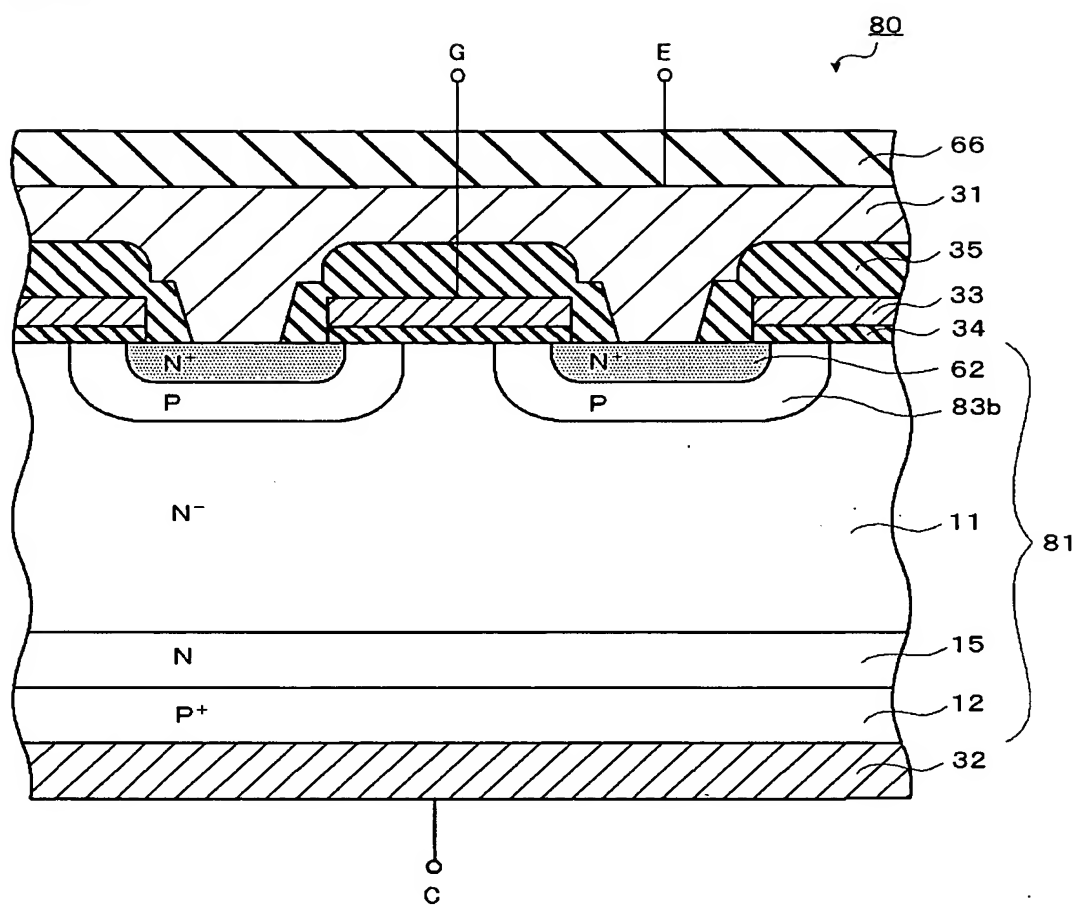
[図10]



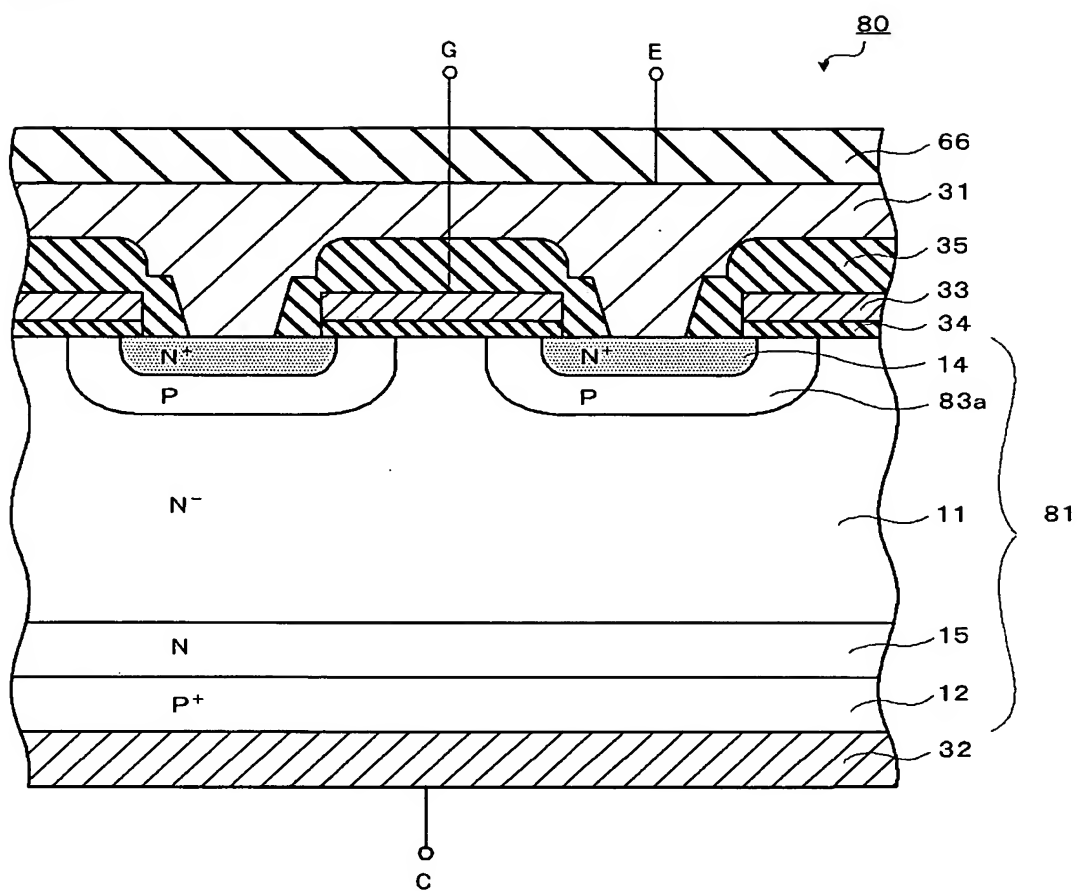
[図11]



[図12]



[図13]



委任状(PCT)

紙面による写し(注意 電子データが原本となります)

代理人選任証

平成 14 年 5 月 17 日

木村 満、毛受 隆典 殿

すべての国際出願に関する手続について、貴殿を代理人に選任したことに相違ありません。

あて名 日本国埼玉県新座市北野3丁目6番3号

名称 サンケン電気株式会社

代表者

代表取締役 森田雄次

